

文章编号: 1008-9225(2006)05-0093-03

主元分析法(PCA)在图像 颜色特征提取中的应用

张晓飞¹, 万福才^{1,2}, 刘朋³

- (1. 沈阳大学 信息工程学院, 辽宁 沈阳 110044;
- 2. 大连理工大学 信息与控制研究中心, 辽宁 大连 116024;
- 3. 新东北电器高压开关有限公司, 辽宁 沈阳 110025)

摘 要: 提出了一种基于 HSV 颜色模型, 利用主元分析法(PCA)对图像的颜色进行特征提取的方法, 大大降低了特征向量的维数, 减小了特征数据库的规模, 用支持向量机进行分类测试时, 取得了较好的分类效果, 该方法为图像的检索建立了良好的基础。
关 键 词: 主元分析法; 特征提取; 量化处理; 支持向量机
中图分类号: TP 391.41 **文献标识码:** A

随着多媒体数据库尤其是大量图像库的广泛应用, 图像的有效检索手段逐渐引起人们的重视。传统的采用基于关键字或描述性文本的数据库检索方式, 已远远不能满足人们的需要。近年来, 国际上广泛开展了基于内容的图像检索(CBIR)的研究^[1-2]。CBIR是指根据图像的颜色、形状、纹理等特征以及这些特征的组合来查询图像, 是计算机图像处理 and 数据库技术的有效结合。颜色是彩色图像的最显著特征之一。因此, 基于颜色的查询是基于内容的图像检索中最基本的方法。这种查询可针对任何类型的彩色图像。目前, 人们已提出了许多种借助于颜色特征对图像进行检索的方法。这些方法常用的彩色空间有 RGB 和 HSV, 提取的主要特征是颜色直方图。常用的计算直方图之间距离的方法有直方图相交法、距离法等^[3-6]。文献[7]以直方图作为图像的颜色特征进行图像检索, 需要存储大量的冗余特征信息, 不能精确而简洁地描述图像。本文提出了一种基于 HSV 颜色模型, 利用主元分析法(PCA)对图像的颜色进行特征提取的方法, 大大降低了特征向量的维数, 减小了特征数据库的规模。

1 颜色的特征提取

图像的颜色有多种表示方式, 其中 HSV 颜色

模型是一种适合肉眼分辨的模型, 它把彩色信息表示为三种属性: 色调 h 、饱和度 s 和亮度 v 。HSV 模型的色调 h 是由颜色名称来辨别的, 如红、橙、绿, 它用角度 $0^\circ \sim 360^\circ$ 度量; 亮度 v 是颜色的明暗程度, 通常用百分比度量, 从黑 0 到白 100%; 饱和度 s 指颜色的深浅, 用百分比来度量, 为从 0 到完全饱和的 100%。这种颜色模型用 Munsell 三维空间坐标系统表示, 因坐标之间的心理感知独立性, 因此, 可以独立感知各颜色分量的变化; 且这种颜色模型具有线性伸缩性, 可感知的颜色差是与颜色分量的相应样值上的欧氏距离成比例的。在 CBIR 中应用这种模型更适合用户的肉眼判断。

1.1 从 RGB 空间转换到 HSV 空间

从图像中一般都能得到 RGB 三色值。从 RGB 到 HSV 空间的转换如下: 给定 RGB 颜色空间的值 (r, g, b) , $r, g, b \in [0, 255]$, 则变换到 HSV 空间的 h, s, v 值如下^[8]。

设 $\text{Max} = \text{Max}(r, g, b)$, $\text{Min} = \text{Min}(r, g, b)$, 则:

$$v = \frac{(0.299r + 0.587g + 0.114b)}{255} \cdot$$
$$s = \begin{cases} 0, & \text{Max} = 0 \\ \frac{(\text{Max} - \text{Min})}{\text{Max}}, & \text{else} \end{cases}$$

收稿日期: 2006-04-21
作者简介: 张晓飞(1974-), 女, 辽宁沈阳人, 沈阳大学硕士研究生。

$$h = \begin{cases} 0, & \text{Max} = \text{Min} \\ 60 \frac{g-b}{\text{Max}-\text{Min}}, & \text{Max} = r \ \& \ g > b \\ 360 + \frac{60(g-b)}{\text{Max}-\text{Min}}, & \text{Max} = r \ \& \ g < b \\ 60 \left\{ 2 + \frac{b-r}{\text{Max}-\text{Min}} \right\}, & \text{Max} = g \\ 60 \left\{ 4 + \frac{r-g}{\text{Max}-\text{Min}} \right\}, & \text{else} \end{cases}$$

其中, $s, v \in [0, 1], h \in [0, 360]$.

1.2 HSV 的量化

对 HSV 三个分量按照人的颜色感知进行非等间隔的量化,以减少计算量.把色调 h 分量分成 16 份,饱和度 s 和亮度 v 分量分别分成 4 份,并根据色彩的不同范围进行量化,量化后的色调、饱和度和亮度值分别为 h, s, v .

$$s = \begin{cases} 0, & s \in (0, 0.15] \\ 1, & s \in (0.15, 0.4] \\ 2, & s \in (0.4, 0.75] \\ 3, & s \in (0.75, 1] \end{cases}$$

$$v = \begin{cases} 0, & v \in (0, 0.15] \\ 1, & v \in (0.15, 0.4] \\ 2, & v \in (0.4, 0.75] \\ 3, & v \in (0.75, 1] \end{cases}$$

$$h = \begin{cases} 0, & h \in (345, 15] \\ 1, & h \in (15, 25] \\ 2, & h \in (25, 45] \\ 3, & h \in (45, 55] \\ 4, & h \in (55, 80] \\ 5, & h \in (80, 108] \\ 6, & h \in (108, 140] \\ 7, & h \in (140, 165] \\ 8, & h \in (165, 190] \\ 9, & h \in (190, 220] \\ 10, & h \in (220, 255] \\ 11, & h \in (255, 275] \\ 12, & h \in (275, 290] \\ 13, & h \in (290, 316] \\ 14, & h \in (316, 330] \\ 15, & h \in (330, 345] \end{cases}$$

按以上的量化级,把三个颜色分量合成矩阵 L , 则

$$L = h \cdot Q_s \cdot Q_v + s \cdot Q_v + v \quad (1)$$

其中, Q_s, Q_v 分别是分量 s 和 v 的量化级数,取 $Q_s = 4, Q_v = 4$, 因此(1)式可表示为

$$L = 16h + 4s + v \quad (2)$$

由式(2)可知,由于 h, s, v 各分量的量化等级不

同,减小了饱和度 s 和图像亮度 v 对检索结果的影响,对颜色分布不同的图像能很好地检索出来,故能充分利用图像的颜色信息特征满足对图像检索的要求.

1.3 主元分析法(PCA)对 L 的降维处理

由节 1.2 可得到 L 矩阵, L 为一 $m \times n$ 矩阵, m, n 由图像尺寸决定.主元分析法(PCA)是一种线性降维技术,其基本思想是通过对方差矩阵的分解,在其 n 个特征值中取前 a 个特征值, $(n-a)$ 个特征值被滤出, a 远小于 n , 而 a 个特征值对应的特征向量构成负荷矩阵 P

$R^{n \times a}$, L 到低维空间的投影就包含在得分矩阵中

$$T = LP \quad (3)$$

由 T 返回到 n 维空间的投影为

$$\mathbf{E} = TP^T \quad (4)$$

由 \mathbf{E} 张成的子空间称为得分空间,其所包含的信息量近似原空间 L 中所包含的信息量^[9].由矩阵 L 可求出其协方差矩阵 S 的特征值分解

$$S = 1/(n-1) L^T L = V V^T \quad (5)$$

包含幅值递减的非负实特征值 $(\lambda_1 \ \lambda_2 \ \dots \ \lambda_n = 0)$.为了最优地获取数据的变化量,这里 $a = 6$,即取前 6 个特征值.

2 实验结果

为了测试利用 PCA 方法进行颜色特征提取的分类效果,从 Corel Photo Gallery 图像库中选取三类图像(花、赛车、日落)进行测试.

2.1 参数选择

近几年来,在统计学习理论上发展起来的支持向量机(SVM)正成为机器学习领域中新的研究热点^[10].支持向量机技术有着广泛的用途,它在人脸检测、图像分类^[11-12]等很多领域都获得很大成功.本文用 PCA 提取各类图像的颜色特征,作为支持向量机的输入向量,对图像进行分类学习.采用 one vs. one 的方法对每类图像进行学习,每类图像中图片的数量均为 90.以 5:4 的比例分配给训练集和测试集.通过对支持向量机软件的研究^[13-14],最终选择 libsvm-2.81 对数据进行分类训练,在 DOS 下进行操作.为了提高分类的准确率,先对训练集和测试集的数据用 svm-scale 命令进行归一化处理,惩罚因子 C 选择 1 000,经实验比较,高斯核函数 $K(x, y) = \exp(-\|x - y\|^2 / 2^2)$ 的学习效果好,因此,本文选择高斯核函数,其参数通过实验进行选择 and 确定.

2.2 实验结果

令 分别取 0.1, 0.5, 1, 2 进行实验,结果如

表 1 所示 .

表 1	实验结果	
	类 别	准确率/ %
0.1	花 VS. 日落	71.25
	花 VS. 赛车	52.50
	日落 VS. 赛车	62.50
0.5	花 VS. 日落	75.00
	花 VS. 赛车	61.25
	日落 VS. 赛车	65.00
1.0	花 VS. 日落	65.00
	花 VS. 赛车	57.50
	日落 VS. 赛车	63.75
2.0	花 VS. 日落	60.00
	花 VS. 赛车	52.50
	日落 VS. 赛车	52.50

由以上实验可知 , 当 $\alpha = 0.5$ 时准确率相对较高一些 .

3 结 论

从上述实例可以看出 , 利用主元分析法 (PCA) 对彩色图像颜色特征进行提取 , 可将原图像从 $m \times n \times 3$ 降低至 $m \times a$ (a 远小于 n) , 大大降低了特征向量的维数 , 减小了特征数据库的规模 , 为图像的检索建立了良好的基础 . 将提取的颜色特征与纹理特征相结合作为支持向量机 (SVM) 的输入 , 同时引入相关反馈来对图像进行分类与检索 , 以便近一步提高检索效率是有待进一步研究的内容 .

参考文献 :

[1] Flickner Metal. Query by image and video content : The

QBIC system[J]. IEEE Computer , 1995 ,28(9) :23 - 32.
[2] Aslandogan Y A , Clement , Yu T , et al. Techniques and systems for image and video retrieval [J]. IEEE trans on Knowledge and Data Engineering , 1999 ,11(1) :56 - 63.
[3] 刘芳 ,王涛 ,周登文. 基于颜色 - 空间二维直方图的图像检索[J]. 计算机工程与应用 , 2002 ,38(2) :85 - 88.
[4] 曹莉华 ,柳伟 ,李国辉. 基于多种主色调的图像检索算法研究与实现[J]. 计算机研究与发展 , 1999 ,36(1) :96 - 100.
[5] 金韬 ,任秀丽. 图像检索中颜色特征的提取与匹配[J]. 计算机辅助设计与图形学报 , 2000 ,12(6) :459 - 462.
[6] 毛力 ,张晓林. 基于颜色内容的图像检索原理与方法[J]. 情报科学 , 2002 ,38(2) :552 - 555.
[7] 田玉敏 ,林海全. 基于颜色图像的彩色检索方法[J]. 西安电子科技大学学报(自然科学版) , 2002 ,2(1) :44 - 46.
[8] 付岩 ,王耀威 ,王伟强 ,等. SVM 用于基于内容的自然图像分类与检索[J]. 计算机学报 , 2003 ,10:1261 - 1265.
[9] 蒋浩天 ,拉塞尔 EL ,希拉茨 RD ,等. 工业系统的故障检测与诊断[M]. 段建民译. 北京 :机械工业出版社 , 2003 : 30 - 33.
[10] Nello Cristianini , John Shawe-Taylor. 支持向量机导论 [M]. 李国正 ,王猛 ,曾华军译. 北京 :电子工业出版社 , 2004.
[11] 辛宪会 ,郭建星 ,解志刚 ,等. 一种基于支持向量机的纹理图像分类法[J]. 海洋测绘 , 2005 ,3:41 - 43.
[12] 孙蕾 ,耿国华 ,周明全 ,等. 用于医学图像分类的支持向量机算法研究[J]. 计算机应用与软件 , 2004 ,11:85 - 87.
[13] Chang C C , Lin C J. LIBSVM:a library for support vector machines[EB/ OL]. [2006 - 03 - 09]. <http://www.csie.ntu.tw/~cjlin/libsvm>.
[14] Fan R E , Chen P H , Lin C J. Working set selection using the second order information for training SVM[J]. Journal of Machine Learning research , 2005 ,6:1889 - 1918.

Application of PCA in Color-based Feature Extraction of Image

ZHANG Xiaofei¹ , WAN Fucui^{1,2} , LIU Peng³

(1. School of Information Engineering , Shenyang University , Shenyang 110044 , China ; 2. Research Center for Information & Control , Dalian University of Technology , 116024 , China ; 3. New Northeastern Electricity High voltage of Switchgear Co. , Ltd. , Shenyang 110025 , China)

Abstract : A method for image retrieval based on HSV color model is proposed. The application of PCA in color-based feature extraction of image is used. The number of dimensions of the feature is effectively reduced ; the size of the feature database is decreased. When SVM is used to test the classification , better result is obtained. This method will establish a good basement for image retrieval.

Key words : PCA ; feature extraction ; quantify disposal ; SVM

【责任编辑 刘晓鸥】